

人工养殖中华鲟幼鱼摄食不同饵料的转化效率与生长特性*

冯广朋^{1,2} 庄平^{1,2**} 章龙珍¹ 石小涛¹ 侯俊利¹ 张涛¹

(¹ 中国水产科学研究院东海水产研究所 农业部海洋与河口渔业资源及生态重点开放实验室, 上海 200090 ;

² 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201316)

摘要 利用水蚯蚓与人工饲料分别投喂 7 月龄中华鲟 (*Acipenser sinensis*) 幼鱼, 研究不同饵料对中华鲟幼鱼转化效率与生长特性的影响。结果表明 经过 60 d 生长, 水蚯蚓组、人工饲料组中华鲟幼鱼的平均体长分别从 177.0、191.6 mm 增至 216.6、332.5 mm, 体质量分别从 32.73、44.39 g 增至 58.27、264.71 g; 水蚯蚓组、人工饲料组中华鲟幼鱼的饵料转化率分别为 6.67~39.33、0.89~1.26, 特定生长率分别为 0.19%~2.33%、1.38%~3.94%, 生长效率分别为 2.54%~14.99%、79.56%~204.44%; 人工饲料组中华鲟幼鱼的生长速度快于水蚯蚓组, 肥满度大于水蚯蚓组。2 个试验组中华鲟幼鱼的体长与体质量均呈幂函数关系, 各阶段幂指数 b 值均小于 3, 表明中华鲟幼鱼为异速生长; 水蚯蚓组中华鲟幼鱼肌肉的水分湿质量含量为 $82.23\% \pm 0.79\%$, 蛋白干质量含量为 $62.79\% \pm 1.34\%$, 均略比人工饲料组高。综合饵料转化效率与各项生长指标, 表明人工饲料比水蚯蚓更适宜作为中华鲟幼鱼阶段的人工养殖饵料。

关键词 中华鲟; 饵料转化效率; 生长效率; 特定生长率; 异速生长

中图分类号 S917 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)12-2526-06

Feed conversion efficiency and growth characteristics of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) cultured with different diets. FENG Guang-peng^{1,2}, ZHUANG Ping^{1,2}, ZHANG Long-zhen¹, SHI Xiao-tao¹, HOU Jun-li¹, ZHANG Tao¹(¹East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries Resources and Ecology, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China; ²College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201316, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(12) 2526-2531.

Abstract: Seven months old Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) juveniles were fed with *Limnodrilus* sp. or artificial feed to study the feed conversion efficiency and growth characteristics of the juveniles. After 60-day growth trials, the body length of the juveniles fed with *Limnodrilus* sp. and artificial feed increased from 177.0 mm and 191.6 mm to 216.6 mm and 332.5 mm, and the body mass increased from 32.73 g and 44.39 g to 58.27 g and 264.71 g, respectively. The juveniles fed with *Limnodrilus* sp. and artificial feed had a feed conversion ratio 6.67-39.33 and 0.89-1.26, specific growth rate 0.19-2.33 and 1.38-3.94, and growth efficiency 2.54-14.99 and 79.56-204.44, respectively. There was an exponential relationship between the body length and body mass of the juveniles fed with *Limnodrilus* sp. or artificial feed, the exponential value being less than 3, which suggested the allometric growth of body length and body mass. The muscle's crude protein and moisture contents of the juveniles fed with *Limnodrilus* sp. were (62.79 ± 1.34)% and (82.23 ± 0.79)%, respectively, slightly higher than those of the ju-

* 国家自然科学基金重大项目(30490234)、国家高技术研究发展计划项目(2008AA10Z227)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(中国水产科学院东海水产研究所 2007M023, 2008M01)和上海市长江口中华鲟自然保护区资金项目(沪鲟保研 200708311001)。

** 通讯作者 E-mail: pzhuang@online.sh.cn

收稿日期: 2009-03-17 接受日期: 2009-08-05

veniles fed with artificial diet. Based on the feed conversion efficiency and the growth indices, it was concluded that artificial feed was better than *Limnodrilus* sp. for the growth of juvenile *Acipenser sinensis*.

Key words: Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*); feed conversion efficiency; growth efficiency; specific growth rate; allometric growth.

中华鲟(*Acipenser sinensis*)是中国特有的大型江海洄游鱼类,主要分布在长江及中国沿海水域。它是中国重点一级野生保护动物,具有很高的科学价值与生态价值(Zhuang *et al.*, 2002; 顾孝连等, 2008)。由于水利工程建设、过度捕捞、水质污染、环境胁迫等原因,中华鲟的种群数量已急剧下降。为了更好地保护中华鲟,1984年中国科研人员成功地对其进行了人工繁殖。此后国家每年都组织相关单位对中华鲟进行人工繁殖,并将中华鲟苗种培育至各种规格后进行人工增殖放流,从而达到增加其种群数量目的(常剑波和曹文宣, 1999)。

在中华鲟的苗种培育中,适宜饵料的筛选是项重要的工作。在鱼类个体发育的不同时期,饵料种类亦在不断变化,投喂适宜的饵料可以使鱼类苗种成活率提高、活力增强、生长更快(汤保贵等, 2007)。目前中华鲟苗种转食驯化的主要方法是在8~10日龄初次开口摄食时投喂丰年虫,经过7~10d养殖后改投喂水蚯蚓,再经30d养殖后开始投喂人工微粒饲料(柴毅等, 2008)。因此,在人工培育大规格中华鲟苗种时,常以水蚯蚓与配合饲料为主要饵料(曹志华等, 2007)。目前关于不同蛋白含量饲料对中华鲟幼鱼生长影响的研究较多(陈喜斌等, 2002; 庄平等, 2002; 温小波等, 2003),但关于中华鲟幼鱼摄食不同饵料对转化效率与生长影响的深入研究仍较少(肖慧等, 1998)。本文研究中华鲟幼鱼摄食2种不同饵料的转化效率与生长特征,旨在阐明不同饵料对中华鲟幼鱼的影响,丰富中华鲟的生物学资料,为更好地开展中华鲟幼鱼的人工养殖与增殖放流提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用鱼为2007年冬季人工繁殖的中华鲟。中华鲟苗种在仔鱼期投喂天然饵料水蚯蚓,然后通过人工驯化使其摄食人工饲料。每隔20d定期测定中华鲟的生物学数据,其中体长和全长用直尺测量(精确到0.1mm),体质量用电子天平称量(精确

到0.01g)。选取体质健康的试验鱼60尾,均为7月龄,平均体长为(183.3±11.9)mm,平均体质量为(37.73±7.80)g。中华鲟幼鱼在长方形水泥池中养殖,长宽高分别为1.5m×1.3m×1.2m。天然饵料水蚯蚓在野外采集,用微流水冲洗3d并经消毒后投喂中华鲟。人工饲料购自山东升索渔用饲料研究中心。试验前分别测定水蚯蚓和人工饲料的蛋白与水分含量。

1.2 试验方法

中华鲟幼鱼分成2个试验池,每个池放30尾鱼。水泥池保持水深0.9m,采用气泵增氧,循环水过滤,每天换水1次,保持各水泥池养殖条件基本一致,试验期间水温20℃~23℃,DO 5mg·L⁻¹以上,pH 7.0~8.0。

2个试验池的中华鲟幼鱼分别投喂水蚯蚓与人工饲料,暂养1个月后中华鲟幼鱼摄食稳定。从每个试验池中各选取20尾鱼开始养殖试验,测定并记录试验数据。每天上下午各投喂饵料1次,投饵前用电子天平测定饵料重量并作记录。中华鲟摄食后如有饵料剩余,则收集这些残饵称量。每隔20d测量试验组鱼的体长、全长和体质量。养殖60d后解剖中华鲟幼鱼,采集背部肌肉进行水分湿质量含量与蛋白质干质量含量测定。

1.3 数据统计

生物学数据为Mean±SD,试验数据用Excel和Statistica 6.0统计软件进行分析处理,利用方差分析(One-Way ANOVA)和Duncan多重比较检验各生长周期不同饵料对生长影响的显著性, $P < 0.05$ 为显著水平。各生长特征参数的计算公式如下:

特定生长率(specific growth rate, SGR):

$$SGR = [(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)] \times 100$$

摄食率(feeding ratio, FR):

$$FR = 200F / [(W_2 + W_1) / n(t_2 - t_1)]$$

饵料转化率(feed conversion ratio, FCR):

$$FCR = F / (W_2 - W_1)$$

生长效率(growth efficiency, GE):

$$GE = [(W_2 - W_1) / F] \times 100\%$$

表 1 中华鲟幼鱼对水蚯蚓的摄食率与转化效率

Tab. 1 Feeding ratio and growth efficiency of juvenile Chinese sturgeon fed with *Limnodrilus* sp.

养殖时间 (d)	全长 (mm)	体长 (mm)	体质量 (g)	摄食率 FR(%)	饵料转化率 FCR	特定生长率 SGR(%)	生长效率 GE(%)
0	224.4 ± 13.8 a	177.0 ± 10.6 a	32.73 ± 4.55 a	—	—	—	—
20	254.7 ± 12.3 b	201.1 ± 10.3 b	52.16 ± 6.86 b	0.76	6.67	2.33	14.99
40	261.1 ± 14.5 bc	208.9 ± 12.8 c	54.20 ± 8.83 bc	0.38	39.33	0.19	2.54
60	269.4 ± 14.7 c	216.6 ± 12.9 d	58.27 ± 9.18 c	0.33	18.40	0.36	5.43

同一列字母相异表明有显著性差异 ($P < 0.05$ $n = 20$)。

表 2 中华鲟幼鱼对人工饲料的摄食率与转化效率

Tab. 2 Feeding ratio and growth efficiency of juvenile Chinese sturgeon fed with artificial feed

养殖时间 (d)	全长 (mm)	体长 (mm)	体质量 (g)	摄食率 FR(%)	饵料转化率 FCR	特定生长率 SGR(%)	生长效率 GE(%)
0	236.2 ± 8.8 a	191.6 ± 7.6 a	44.39 ± 6.04 a	—	—	—	—
20	299.5 ± 12.2 b	242.4 ± 8.4 b	97.53 ± 10.10 b	0.22	0.89	3.94	112.74
40	369.1 ± 16.6 c	300.1 ± 12.8 c	200.78 ± 28.26 c	0.11	0.49	3.61	204.44
60	409.1 ± 18.6 d	332.5 ± 16.3 d	264.71 ± 38.32 d	0.11	1.26	1.38	79.56

同一列字母相异表明有显著性差异 ($P < 0.05$ $n = 20$)。

体长与体质量关系式 (length-weight correlation equation) :

$$W = aL^b$$

肥满度 (relative fatness) :

$$K = (W/L^3) \times 100$$

式中, W_1 、 W_2 为时间 t_1 、 t_2 时的体质量, W 为体质量, L 为体长, t 为时间, a 、 b 为常数, F 为总投饵量 (g), n 为试验个体数量。

2 结果与分析

2.1 转化效率与生长效率

摄食水蚯蚓组的中华鲟幼鱼在前 20 d 摄食率较高, 饵料转化率较低, 而在后 40 d 摄食率较低, 饵料转化率较高。特定生长率与生长效率均是前 20 d 较高, 后 40 d 较低。3 个 20 d 生长阶段的饵料转化率分别为 6.67、39.33、18.40 (表 1)。摄食人工饲料组的中华鲟幼鱼在前 20 d 摄食率较高, 为 0.22%, 后 40 d 均为 0.11%。3 个 20 d 生长阶段的饵料转化率分别为 0.89、0.49、1.26。特定生长率呈现逐渐降低的趋势。生长效率则是先升高后降低, 最高为 204.44% (表 2)。

2.2 肌肉的蛋白与水分含量

经过 60 d 摄食生长后, 水蚯蚓组中华鲟幼鱼肌肉的蛋白干质量含量为 62.79% ± 1.34%, 人工饲料组为 61.33% ± 2.33%; 水蚯蚓组中华鲟幼鱼肌肉的水分湿质量含量为 82.23% ± 0.79%, 人工饲料组为 80.16% ± 1.24%。水蚯蚓组中华鲟蛋白与水分含量均略比人工饲料组高。

2.3 生长特征

经过 60 d 生长, 水蚯蚓组与人工饵料组中华鲟幼鱼的平均体长分别从 177.0 和 191.6 mm 增至 216.6 和 332.5 mm, 体质量分别从 32.73 和 44.39 g 增至 58.27 和 264.71 g。水蚯蚓组中华鲟幼鱼体长在各个 20 d 生长阶段均有显著性差异 (表 1)。体长与养殖天数呈直线相关, 随着养殖天数延长而增加 (图 1)。经过前 20 d 摄食生长, 水蚯蚓组中华鲟体质量与初始阶段间有显著性差异, 后 40 d 的体质量与相邻阶段间无显著性差异。体质量与养殖天数呈直线相关, 随着养殖天数延长而增加 (图 1)。

人工饲料组中华鲟幼鱼体长在各个 20 d 生长阶段均有显著性差异 (表 2)。体长与养殖天数呈直线相关, 随着养殖天数延长体长逐渐增加 (图 2)。体质量在各个 20 d 生长阶段亦均有显著性差异。体质量与养殖天数亦呈直线相关, 随着养殖天数延长体质量逐渐增加 (图 2)。

2.4 体长与体质量的关系

水蚯蚓组中华鲟幼鱼的体长与体质量关系通过幂函数 $W = aL^b$ 拟合, 各个阶段的幂指数 b 值均小

表 3 水蚯蚓组与人工饲料组中华鲟幼鱼肌肉的蛋白与水分含量 (%)

Tab. 3 Contents of crude protein and moisture of the sturgeon fed with *Limnodrilus* sp. and artificial feed

成分	饵料种类		中华鲟幼鱼	
	水蚯蚓	人工饲料	水蚯蚓	人工饲料
蛋白质含量 (干质量)	57.15 ± 1.82	49.07 ± 1.15	62.79 ± 1.34	61.33 ± 2.33
水分含量 (湿质量)	86.48 ± 0.09	9.43 ± 0.10	82.23 ± 0.79	80.16 ± 1.24

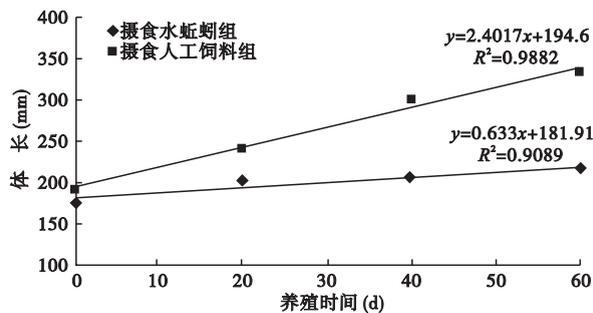


图1 中华鲟幼鱼的体长生长

Fig. 1 Body length growth curves of juvenile Chinese sturgeon

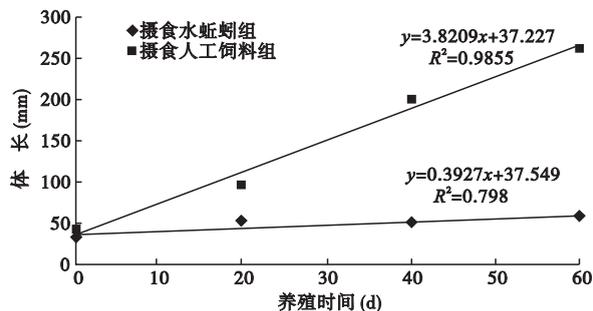


图2 中华鲟幼鱼的体质量生长

Fig. 2 Body weight growth curves of juvenile Chinese sturgeon

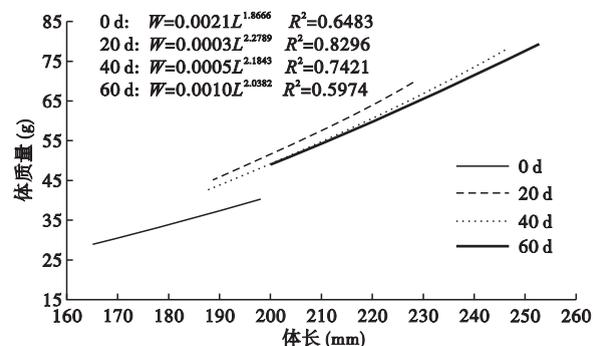


图3 摄食水蚯蚓组中华鲟幼鱼体长与体质量的关系

Fig. 3 Relationship between body length and body weight of juvenile Chinese sturgeon fed with *Limnodrilus* sp.

于3,表明养殖试验期间中华鲟幼鱼为异速生长(图3),体质量生长慢于体长生长。人工饲料组的中华

表5 人工养殖环境与长江口天然环境中中华鲟幼鱼的生长速度比较

Tab. 5 Growth speed of Chinese sturgeon in aquaculture and nature environment

中华鲟幼鱼	体长(cm)		体质量(g)		文献来源
	7月龄	8月龄	7月龄	8月龄	
人工养殖	-	-	111.90	362.50	肖慧和李淑芳,1994
投喂人工饲料养殖	19.16~24.24	30.01~33.25	44.39~97.53	200.78~264.71	本文
长江口野生	21.26	26.25	72.51	146.00	毛翠凤等,2005
长江口野生	14.11~19.48	22.64~27.80	14.55~49.64	82.88~142.60	易继舫,1994

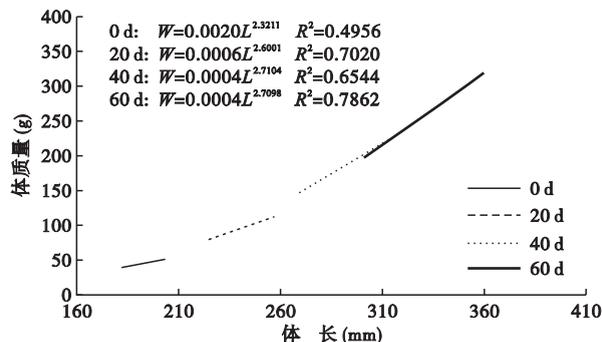


图4 摄食人工饲料组中华鲟幼鱼体长与体质量的关系

Fig. 4 Relationship between body length and body weight of juvenile Chinese sturgeon fed with artificial feed

表4 水蚯蚓组与人工饲料组中华鲟幼鱼肥满度的变化

Tab. 4 Relative fitness of juvenile sturgeon fed with *Limnodrilus* sp. and artificial feed

试验组	0 d	20 d	40 d	60 d
水蚯蚓组	0.59 ± 0.06 ac	0.64 ± 0.04 b	0.59 ± 0.05 c	0.57 ± 0.06 c
人工饲料组	0.63 ± 0.06 a	0.68 ± 0.04 b	0.74 ± 0.06 cd	0.72 ± 0.05 bd

同一行字母相异表明有显著性差异($P < 0.05$, $n = 20$)。

鲟幼鱼亦属于异速生长,体质量生长慢于体长生长(图4)。

水蚯蚓组中华鲟幼鱼的肥满度为0.59~0.64,20 d时肥满度最大,与0、40、60 d间均有显著性差异,而0、40、60 d之间均无显著性差异。人工饲料组中华鲟幼鱼的肥满度为0.63~0.74,40 d时肥满度最大,与0、20 d间均有显著性差异,与60 d间无显著性差异。

3 讨论

鱼类体长与体质量关系是鱼类生物学研究中经常涉及的主要内容之一(Anderson & Neumann, 1996;Ye *et al.*, 2007)。在鱼类生长的研究中可以选择不同的生长模型进行拟合(Silvia & Beatrice, 2002;史方等,2008),目前较多应用 von Bertalanffy 生长方程来描述鱼类的生长(Glenn & Ian, 1997;冯广朋等,2007),但陆小菘等(2002)研究认为幂指数

方程比 von Bertalanffy 生长方程更适合用于拟合鱼类的生长规律。在鱼类的生长研究中,如太湖新银鱼(*Neosalanx taihuensis*) (徐如东和罗仙池,1996)、凤鲚(*Coilia mystus*) (周永东等,2004)等幼鱼生长期相对较短,可以简单拟合出生长方程。但是中华鲟的性成熟时间长,幼鱼期亦相对较长,采用幂函数 $W = aL^b$ 描述幼鱼的生长规律更加适宜。幂函数方程中参数 b 为鱼的质量增加系数与体长增加系数之比,可以用来判断鱼类是否处于等速生长(Tesch, 1971)。本研究表明,中华鲟幼鱼回归方程的 b 值均 < 3 ,呈异速生长,而且不同阶段摄食人工饲料组中华鲟幼鱼回归方程的 b 值均大于摄食水蚯蚓组,表明摄食人工饲料的中华鲟幼鱼生长速度更快。

在中华鲟仔鱼阶段,投喂水蚯蚓等活饵料养殖中华鲟的效果较好(邓昕等,1998;曹志华等,2007)。水蚯蚓是中华鲟幼鱼重要的天然饵料之一(罗刚等,2008),营养丰富(干物质中蛋白质含量达 57.15%)、适口性强。本研究中 2 个试验组的中华鲟幼鱼在暂养阶段分别投喂水蚯蚓与人工饲料,因此试验鱼虽然均为同一批繁殖的 7 月龄中华鲟幼鱼,但初始体质量有所不同。从表 1、表 2 和图 2 可以看出,2 个试验组的中华鲟摄食不同饵料后饵料转化效率与体质量生长速度具有明显差异,因此可以反映出不同饵料对其生长的影响,为适宜饵料的筛选提供理论依据。

在本试验中,水蚯蚓组中华鲟幼鱼的生长慢于天然饲料组,主要原因在于水蚯蚓的水分含量较高(含量达 86.48%),干物质含量较少(含量为 13.52%),水蚯蚓组中华鲟幼鱼的摄食率虽高于人工饲料组,但摄食的干物质数量却低于人工饲料组,因此导致水蚯蚓组的生长效率低于人工饲料组。此外,人工饲料所含的营养成分比较全面,有利于中华鲟幼鱼的生长。本研究中各个阶段人工饲料组中华鲟幼鱼肥满度均高于摄食水蚯蚓组,亦表明人工饲料比水蚯蚓更适合作为中华鲟幼鱼的饵料,营养条件更好,这与肖慧等(1998)对中华鲟幼鱼的研究结果相似。陈声栋等(1996)用天然饵料与配合饲料养殖施氏鲟(*A. schrenckii*)幼鱼,结果亦是配合饲料组效果更好。肖慧等(1999)研究认为,中华鲟幼鱼蛋白质适宜含量的范围是 35.41%~49.09%,本研究中饲料的蛋白质含量为 49.07%,是比较适宜的

含量,有利于中华鲟的快速生长。

由表 5 可知,在人工养殖条件下的中华鲟幼鱼生长速度明显比在长江口自然环境中的更快。赵燕等(1986)在 1982—1985 年对长江口中华鲟幼鱼的监测表明,平均体质量仅为 58.4~74.0 g。人工养殖中华鲟与野生中华鲟之间的生长速度差异可能与饵料、环境、生活史等都有密切关系(殷名称,1995)。就中华鲟幼鱼而言,长江口的天然饵料虽然种类丰富,但单位面积的生物量很少,在摄食数量上不如人工饲料充足。此外,中华鲟幼鱼 5 月份降河洄游至长江口摄食肥育,9 月份以后再洄游至海洋中生长。在 5—9 月期间中华鲟幼鱼需面临环境和食性改变后的双重适应调节过程,该适应过程亦将影响其生长与发育(毛翠凤等,2005)。

参考文献

- 曹志华,邓伦飞,李萍. 2007. 不同开口饵料对中华鲟仔鱼生长及成活率的影响. 湖北农业科学, 46(2): 278-280.
- 柴毅,危起伟,李罗新,等. 2008. 中华鲟仔鱼的转食驯化. 安徽农学通报, 14(17): 179, 203.
- 常剑波,曹文宣. 1999. 中华鲟物种保护的历史与前景. 水生生物学报, 23(6): 712-720.
- 陈声栋,郭宇龙,胡斌,等. 1996. 施氏鲟人工配合饵料试验总结报告. 黑龙江水产, (3): 23-27.
- 陈喜斌,庄平,曾翠平,等. 2002. 中华鲟幼鱼蛋白质营养最适需要量. 中国水产科学, 9(1): 60-64.
- 邓昕,崔奕波,熊思岳. 1998. 人工饲料喂养中华鲟仔鱼的初步试验. 水生生物学报, 22(2): 189-191.
- 冯广朋,叶少文,李钟杰,等. 2007. 牛山湖翘嘴鲌和红鳍原鲌的年龄与生长. 淡水渔业, 37(1): 39-42.
- 顾孝连,庄平,章龙珍,等. 2008. 长江口中华鲟幼鱼对底质的选择. 生态学杂志, 27(2): 213-217.
- 陆小茜,陆文杰,郑光明,等. 2002. 鱼类生长的幂指数生长方程. 水产学报, 26(3): 281-284.
- 罗刚,庄平,章龙珍,等. 2008. 长江口中华鲟幼鱼的食物组成及摄食习性. 应用生态学报, 19(1): 144-150.
- 毛翠凤,庄平,刘健,等. 2005. 长江口中华鲟幼鱼的生长特性. 海洋渔业, 27(3): 177-181.
- 史方,林小涛,孙军,等. 2008. 自然种群唐鱼的耳石、日龄与生长. 生态学杂志, 27(12): 2159-2166.
- 汤保贵,陈刚,张健东,等. 2007. 饵料系列对军曹鱼仔鱼生长、消化酶活力和体成分的影响. 水生生物学报, 31(4): 479-484.
- 温小波,库天梅,罗静波. 2003. 中华鲟配合饲料适宜蛋白

- 质含量及最佳蛋白能量比研究. 海洋科学, 27(4): 38-43.
- 肖慧, 李淑芳. 1994. 一龄中华鲟生长特征研究. 淡水渔业, 24(5): 6-9, 13.
- 肖慧, 王京树, 文志豪, 等. 1998. 不同饵料饲养中华鲟幼鱼试验. 水利渔业, 19(5): 51-52.
- 肖慧, 王京树, 文志豪, 等. 1999. 中华鲟幼鱼饲料营养素适宜含量的研究. 中国水产科学, 6(4): 33-38.
- 徐如东, 罗仙池. 1996. 新安江水库太湖新银鱼生长特性的初步研究. 浙江水产学院学报, 15(2): 122-128.
- 易继航. 1994. 长江中华鲟幼鱼资源调查. 葛洲坝水电, (1): 53-58.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社.
- 赵燕, 王琇, 余志堂, 等. 1986. 中华鲟幼鱼现状调查. 水利渔业, (6): 38-41.
- 周永东, 薛利建, 徐开达. 2004. 舟山近海凤鲚的生物学特性. 现代渔业信息, 19(8): 19-21.
- 庄平, 陈喜斌, 曾翠平, 等. 2002. 中华鲟幼鱼饲料中适宜动植物蛋白比的研究. 动物营养学报, 14(1): 61-64.
- Anderson RO, Neumann RM. 1996. Length, weight, and associated structural indices// Murphy BR, Willis DW, eds. Fisheries Techniques (2nd edition). Maryland: American Fisheries Society, 447-482.
- Glenn AH, Ian CP. 1997. Age, growth and reproduction of *Sillago schomburgkii* in south-western Australian, nearshore waters and comparisons of life history styles of a suite of Sillago species. *Environmental Biology of Fishes*, 49: 435-447.
- Silvia HLS, Beatrice PF. 2002. Age structure and growth of the dusky damselfish, *Stegastes fuscus*, from Tamandare reefs, Pernambuco, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 63: 79-88.
- Tesch FW. 1971. Age and growth// Richer WE, ed. Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. Oxford: Blackwell Scientific Publications: 99-130.
- Ye S, Li Z, Feng G, et al. 2007. Length-weight relationships for thirty fish species in Lake Niushan, a shallow macrophytic Yangtze lake in China. *Asian Fisheries Science*, 20: 217-226.
- Zhuang P, Kynard B, Zhang LZ, et al. 2002. Ontogenetic behavior and migration of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*. *Environmental Biology of Fishes*, 65: 83-97.

作者简介 冯广朋,男,1977年生,助理研究员,博士研究生。主要从事鱼类生理生态学与保护生物学研究。发表论文50余篇。E-mail: coolwindfgp@126.com
责任编辑 李凤芹
